



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2019/2020

Nº de proyecto: 340

Título del proyecto: Análisis estadístico de los esfuerzos de fractura en materiales

Yanicet Ortega Villafuerte

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento de Física de Materiales

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo principal del proyecto era: programar una herramienta informática que permitiera emplear la función de probabilidad de Weibull, para el análisis estadístico de los esfuerzos de fractura de los materiales cerámicos. Para ello se analizarían cada uno de los parámetros de los que depende dicha distribución, para determinar la probabilidad de fractura de un conjunto de valores de esfuerzos mecánicos.

## 2. Objetivos alcanzados

El objetivo propuesto se alcanzó en este proyecto. Se logró diseñar y programar un nuevo módulo, en este caso relacionado con el análisis estadístico de los esfuerzos de fractura en materiales. Este nuevo módulo es continuación de los ya creados en los proyectos anteriores: PIMCD – 225 - (2015), PIMCD - 287- (2017) y PIMCD - 296- (2018).

## 3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada en la elaboración del proyecto actual ha sido la misma que la usada en los proyectos anteriores. Para crear una interfase sencilla de manejar para los usuarios, realizamos la programación orientada a objetos, en lenguaje Visual Basic bajo la aplicación “Microsoft Visual Studio 2008”.

Se adicionó al menú principal del programa un nuevo botón titulado “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA FRACTURA” mediante el cual se accede de forma secuencial al resto de las ventanas creadas (**Figura 1**). Inicialmente se realizó un diseño general de todas las ventanas, así como de su contenido, creando las imágenes requeridas para cada una de ellas. Una vez finalizada la programación, se revisó el programa y se hicieron los cambios oportunos para garantizar el correcto funcionamiento del mismo.



**Figura 1: Menú principal del programa**

## 4. Recursos humanos y materiales

Integrantes del Proyecto:

- Mario Cediell, Raúl Díaz, Sergio Díaz, Noemí Carmona, Yanicet Ortega.

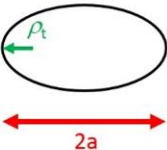
Recursos materiales:

Se adquirió un ordenador, una pantalla y tres memorias USB con la financiación obtenida en el proyecto.

## 5. Desarrollo de las actividades

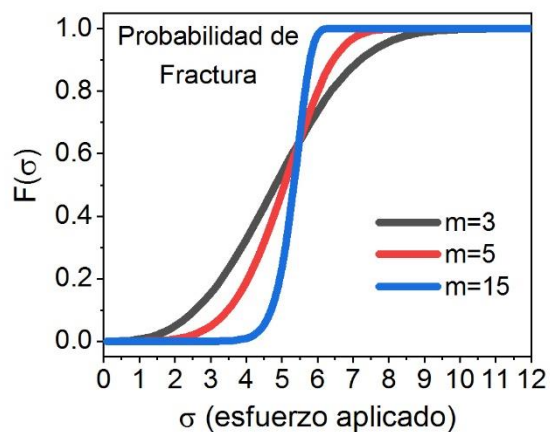
Para la elaboración del proyecto se ejecutaron las distintas actividades en el siguiente orden:

Al inicio se realizó el diagrama de flujo del programa y se eligió la metodología a seguir. Ésta consistió en explicar inicialmente las causas inherentes a la microestructura de las cerámicas que provocan una gran dispersión en sus esfuerzos de fractura. A continuación se analizó la amplificación de esfuerzos que se produce en los extremos de defectos microscópicos presentes en la microestructura de las cerámicas (**Figura 2**), siendo esta una de las razones de la fragilidad de los materiales cerámicos. La variedad e inhomogeneidad de esos defectos, hace necesario que se emplee una estadística específica para conocer la probabilidad de fractura que tienen las cerámicas al estar expuestas a un rango determinado de esfuerzos aplicados.

$$\sigma_m = \sigma_0 k_t$$
$$k_t = 2 \left( \frac{a}{\rho_t} \right)^{1/2}$$


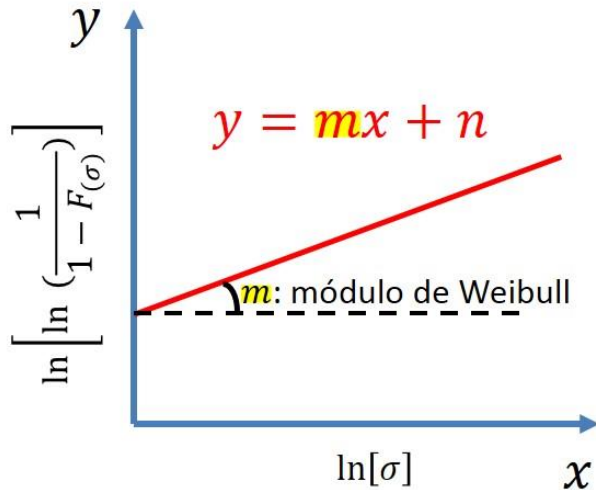
**Figura 2: Amplificación de los esfuerzos de tensión en los extremos de una grieta.**

Posteriormente se explicó cómo se obtienen los esfuerzos de fractura a través del ensayo de flexión en 3 puntos. Producto de la dispersión en esos valores de esfuerzo se emplea la función de probabilidad de Weibull, de la cual se analizaron cada uno de los parámetros de los que depende, haciendo énfasis en el significado que tiene el módulo de Weibull ( $m$ ) y cómo afecta al rango de valores de esfuerzos para los que la probabilidad de fractura es distinta de cero (**Figura 3**). Es deseable por lo tanto que el valor de  $m$  obtenido sea el más grande posible para que el esfuerzo de fractura de un material esté definido con cierta exactitud



**Figura 3: Función de probabilidad de Weibull para distintos valores del módulo de Weibull.**

A continuación se demostró matemáticamente los pasos a seguir para transformar la función de probabilidad de Weibull a la ecuación de una recta del tipo  $y=mx+n$ , donde la pendiente de la recta corresponde al módulo de Weibull de la función (**Figura 4**).



**Figura 4:** Determinación del módulo de Weibull a partir del ajuste de los pares de valores  $(x,y)$  construidos según los ejes de la gráfica. El módulo de Weibull corresponde a la pendiente de la recta de ajuste.

Una vez determinado el módulo de Weibull se pueden obtener los otros dos parámetros (el esfuerzo característico y el volumen específico), para que quede definida completamente la función de probabilidad. El esfuerzo característico se determina a partir de su definición según la **ecuación 1**.

$$(1) \quad F_{(\sigma_0)} = 0.6321$$

Una vez obtenido el valor de  $\sigma_0$  se puede calcular el valor del volumen específico  $V_E$  como se esquematiza en la **figura 5**.

$$\ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - 0.6321} \right) \right] = m \ln[\sigma_0] + n \quad \Rightarrow \quad \sigma_0$$

$$n = \ln[V_E] - m \ln[\sigma_0] \quad \Rightarrow \quad V_E$$

**Figura 5:** Se calcula inicialmente el esfuerzo característico  $\sigma_0$ , para después determinar con su valor y el valor  $n$  (del ajuste lineal), la magnitud del parámetro  $V_E$ .